第 36 卷 第 3 期
1993 年 8 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol. 36, No. 3
Aug., 1993

草地螟的有效积温及其世代区的划分

罗礼智　李光博
(中国农业科学院植物保护研究所，北京　100094)

摘要　经实验测定，草地螟 (*Loxostege sticticalis* L.) 各虫态的发育起点温度：卵为 14.3℃、幼虫为 12.7℃、蛹为 11.6℃、成虫为 11.0℃；有效积温：卵为 30.5 日度、幼虫为 190.7 日度、蛹为 158.3 日度、成虫为 96.7 日度。全世代的发育起点温度为 10.5℃，有效积温为 531.2 日度。虽然草地螟各虫态的理论发育起点温度和实测值尚有一定差异，但根据上述结果推算的发生世代数目和实际发生世代数目基本一致。根据对草地螟发生地区的有效积温计算和实际观察记载，草地螟在我国的发生世代数目表现为由南到北递减的趋势。在年等温线 0 ℃以北地区每年发生 1 代，年等温线 0—8℃地区年生 2—3 代，年等温线 8—12℃地区年生 3—4 代。草地螟在我国的主要为害区是 2—3 代区，主要为害世代是第一代。

关键词　草地螟　发育起点温度　有效积温　世代

草地螟 (*Loxostege sticticalis* L.) 是我国北方农牧业生产的重要害虫，在 50 年代曾有几年大发生，60 年代到 70 年代中期发生很轻，70 年代末到 80 年代初又连续几年大发生，严重为害大豆、甜菜、苜蓿、向日葵等作物，给农牧业生产造成了很大威胁和损失，其严重程度大大地超过 50 年代。然而，草地螟的发生和消长受着各种环境因素的影响，温度是其基本因素之一。Hondru 等(1977)认为温度是草地螟生存发育的关键因素之一，温度过高或过低，都会对草地螟的生长和发育带来不利的影响。Goryshin 等(1980)也认为温度和光周期是草地螟发生的主导因素。但是，在我国有关温度对草地螟的影响尚未见到系统报道，而草地螟有效积温法则的研究也缺乏完整性。此项研究的目的在于进一步探讨温度对草地螟生长发育的影响，在研究明确草地螟发育起点温度和有效积温的基础上，预测草地螟在我国主要为害地区可能发生的世代数目并作出世代区划，为进一步分析草地螟的发生规律、提高预测预报和综合防治技术提供科学依据。

材料和方法

草地螟虫源采自山西应县，在 25℃(±1℃)，光照 16 小时，相对湿度 70—80% 的定温室内饲养繁殖。幼虫以灰菜 (*Chenopodium glaucum* Linnaeus) 为饲料，成虫以 5% 的葡萄糖水为补充营养。

试验在恒温箱内进行。测试温度为 16℃、19℃、22℃、25℃、30℃、32℃和 34℃，每个温度的变幅为± 1 ℃。鉴于草地螟幼虫具有滞育的特性(短日照滞育型)，每试验温箱内加入一支光强为 900 lx 的日光灯管，光照时间为 $L_{16}:D_{8}$。处理间隙温度不同外，其它条件如光照强度、湿度、食料及养虫容器的大小等均为一致。为了进一步比较草地螟理论发育起点温度和实际发育起点温度的差异，又按上述方法在 10℃、12℃和 14℃(±1℃)三个

本文于 1990 年 8 月收到。

温度下对草地螟的卵、幼虫、预蛹和蛹进行了处理。

卵期观察系用直径 15cm，高 1.5cm 的玻璃皿进行。皿底放二层滤纸，滴水适量以保持一定湿度，然后把晚 12 时前产下的卵置于玻璃皿内，每皿放卵 100 粒左右。以后每天检查一次，卵粒变黑时，每 2 小时检查一次，直至孵化完毕。计算发育历期和孵化率。幼虫从卵孵化后，移入直径 2cm，长 10cm 的指形管中，每管 1 头。以湿水拧干的棉花塞封口。每个温度处理幼虫 100 头。每天观察一次并更换饲料，记录幼虫蜕皮及发育情况。幼虫老熟后，在指形管中加入含水量 10% 的湿土供幼虫作茧。每天观察直至化蛹。计算各龄幼虫历期和幼虫历期。幼虫化蛹后，用同样的方法观察直至羽化。计算蛹历期。成虫羽化后，配对置于直径 8cm、高 20cm 的玻璃罩内。罩内放有 5% 的葡萄糖水和灰菜苗，供成虫取食、栖息和产卵。每天观察成虫生活及产卵情况并更换饲料。计算成虫产卵前期。最后以最小二乘法计算各虫态及全世代的发育起点温度和有效发育积温。

气象资料的搜集和整理是根据气象出版社出版的《1951—1983 地面气象资料》，按草地螟的发生为害区域选择了 129 个点（东北 32 个点、西北 50 个点，华北 47 个点），算出该地区常年每月累积的温积常数以及全年的温积常数。若某月的平均温度低于发育起点温度，但旬平均温度高于发育起点温度，则再加上该旬的积温。由各地32年的平均积温求出草地螟在各地区发生的世代数目。

有关草地螟的实际发生世代资料，除一些摘录于杂志外，主要由东北、西北和华北一些地区的生产和科研单位取得，并由此和实验结果加以核对比较。本实验从 1983 年 10 月到 1984 年 12 月在北京完成。

结　　果

（一）发育历期

在试验温度范围内，草地螟的发育历期随着温度的升高而缩短，随着温度的降低而延长（表 1）。此外，各虫态在试验温度内均能完成生长、发育的过程，但在 34℃条件下发育已受到一定抑制。此外，在较高和较低的温度下，不仅发育历期长，而且死亡率高（另文发表）。

（二）发育起点温度与有效发育积温

草地螟的理论发育起点温度和有效发育积温表明（表 2）：发育起点温度随着卵期到成虫期的演变而降低；而有效积温则主要集中在幼虫期和蛹期。但是，各虫期的理论发育起点温度与实测值有一定的差距（表 3）。

在 10—14℃条件下，卵的胚胎发育率均在 90% 以上，而孵化率则随温度的升高而增加（表 3）。在 10℃的条件下，胚胎仅发育到显节期，绝大部份死亡而不能孵化。在 12℃条件下，卵的孵化率平均已达 59.3%。因此，草地螟卵的发育起点温度应在10—12℃之间，若以 14℃作为卵的发育起点温度已有些偏高。

在 10℃条件下，1 龄幼虫的死亡率达 53.3%，死亡从处理的第四天开始，而大量的死亡是在 13 天以后即 1 龄末期开始的。尽管有 47% 的幼虫能够进入 2 龄，但没有 1 头幼虫能够进入 3 龄即全部死亡。在 12℃条件下，幼虫的死亡率虽然很高，但已有 7.7% 的个体能顺利蜕皮、结茧进入预蛹期。这样，以 12℃作为幼虫的发育起点温度是合适的。老

表 1 草地螟在不同温度条件下的发育历期*(天)

虫态 \ 温度(℃)	16	19	22	25	30	32	34
卵	(9.3) 9.0±0.3	(7.4) 6.8±0.3	(5.0) 4.6±0.2	(3.4) 3.4±0.2	(2.0) 1.8±0.1	(2.0) 1.7±0.1	(2.0) 1.7±0.1
1 龄幼虫	(9.0) 7.5±0.7	(7.0) 5.4±0.5	(5.0) 3.5±0.6	(4.0) 2.3±0.5	(2.0) 2.0±0.4	(2.0) 1.3±0.4	(3.0) 1.5±0.6
2 龄幼虫	(7.0) 5.7±0.5	(5.0) 3.8±0.7	(4.0) 3.1±0.6	(3.0) 2.2±0.4	(2.0) 1.5±0.6	(2.0) 1.0±0.2	(2.0) 1.3±0.5
3 龄幼虫	(8.0) 5.7±0.9	(5.0) 4.0±0.5	(4.0) 3.2±0.7	(4.0) 2.5±0.6	(2.0) 1.5±0.6	(2.0) 1.4±0.4	(2.0) 1.0±0.2
4 龄幼虫	(9.0) 5.7±1.0	(5.0) 4.3±0.5	(5.0) 3.5±0.9	(4.0) 2.1±0.3	(3.0) 1.8±0.4	(2.0) 1.7±0.5	(1.0) 1.0±0.0
5 龄幼虫	(29.0) 20.8±3.0	(21.0) 13.0±2.6	(12.0) 10.2±1.1	(9.0) 6.1±1.1	(6.0) 4.7±0.7	(4.0) 3.7±0.5	(5.0) 4.3±1.2
幼虫期	(54.0) 46.6±2.8	(36.0) 30.5±1.0	(26.0) 23.4±1.7	(17.0) 15.1±1.2	(14.0) 11.5±0.7	(12.0) 9.7±0.5	(9.0) 8.5±0.5
蛹期	(33.0) 31.3±1.3	(23.0) 21.7±1.1	(18.0) 16.2±0.9	(15.0) 12.1±1.0	(9.0) 8.8±0.7	(9.0) 7.5±0.7	(8.0) 6.8±0.6
成虫产卵	(26.0) 18.9±5.2	(11.0) 10.0±0.8	(13.0) 7.6±3.3	(9.0) 7.2±1.1	(8.0) 6.6±1.2	(10.0) 4.3±2.7	(21.0) 11.0±3.8

* 括号内数字为最大值。

表 2 草地螟的发育起点温度与有效积温

虫 态	发育起点温度(℃) $C \pm st$	有效积温(日度) K	温度与发育关系的理论式 *
卵 期	14.3±1.2	30.5	$V = \frac{T-(14.3\pm1.2)}{30.5}$
1 龄幼虫	14.2±1.0	25.5	$V = \frac{T-(14.2\pm1.0)}{25.5}$
2 龄幼虫	14.7±1.3	19.3	$V = \frac{T-(14.7\pm1.3)}{19.3}$
3 龄幼虫	12.4±0.6	27.6	$V = \frac{T-(12.4\pm0.6)}{27.6}$
4 龄幼虫	12.6±1.0	33.8	$V = \frac{T-(12.6\pm1.0)}{33.8}$
5 龄幼虫	13.6±1.0	71.2	$V = \frac{T-(13.6\pm1.0)}{71.2}$
幼虫期	12.7±0.4	190.7	$V = \frac{T-(12.7\pm0.4)}{190.7}$
蛹 期	11.6±0.2	158.3	$V = \frac{T-(11.6\pm0.2)}{158.3}$
成虫产卵	11.0±0.9	96.7	$V = \frac{T-(11.0\pm0.9)}{96.7}$
全世代	10.5±0.4	531.2	$V = \frac{T-(10.5\pm0.4)}{531.2}$

* 式中 V 为发育速率；T 为温度。

表 3　低温对草地螟卵、幼虫、预蛹和蛹发育的影响

项目＼虫态＼温度(℃)	10				12				14			
	卵	幼虫	预蛹	蛹	卵	幼虫	预蛹	蛹	卵	幼虫	预蛹	蛹
试验虫数（头）	138	30	20	26	177	26	40	24	133	30	20	39
试验天数	40	50	40	40	40	50	40	40	35	50	40	40
胚胎发育率（%）	93.5	—	—	—	96.6	—	—	—	97.7	—	—	—
成活率*(%)	1.5	0.0	5.0	0.0	59.3	7.7	60.0	37.5	71.4	6.7	95.0	43.6

* 卵为孵化率，幼虫为预蛹率，预蛹为化蛹率，蛹为羽化率。

熟幼虫在 10℃条件下均不能化蛹，只有 2 头幼虫中胸背板纵裂，露出蛹皮，但因不能化蛹而死亡。在 12℃时，虽然幼虫的化蛹率比在 14℃时为低，但已达到 60%。因此，以 12℃作为预蛹的发育起点温度是合理的。

蛹在 10℃条件下均可发育到一定程度，有的能发育到蛹体变黑，有的蛹壳破裂，但最终因不能羽化而死亡。在 12℃条件下，蛹已能顺利羽化。虽然蛹的羽化率比在 14℃时的为低，但已达 32.5%。因此，以 12℃作为蛹的发育起点温度是合理的。

综上所述，草地螟卵、幼虫、预蛹和蛹的发育起点温度应为 12℃(±1℃)。

（三）发生世代及世代区的划分

根据上述研究结果以及对我国草地螟发生地区有效发育积温的计算，草地螟在我国的发生世代数目表现为由南到北递减的趋势（表 4）。现根据对全国 129 点积温计算的结果，将草地螟的发生世代区划分如下(图 1)：

1 代区，指年等温线 0℃以北地区。主要包括黑龙江省北部和内蒙北部地区。该区每年适合草地螟生长发育的时间为 26 候（以下称为生长季），有效积温（以下简称积温）为 600—750 日度。草地螟在该区年生一个世代。为害时期为 6—8 月。

2—3 代区，指年等温线 0℃以南至年等温线 8℃以北地区，是我国草地螟的主要发生为害区。该区主要包括东北大部，华北大部和西北北部。草地螟在该区年生 2—3 代。发生为害时期为 5—9 月。根据气候特点和草地螟发生为害的规律，该区又可分作 3 个小区。

一般为害区：大致位于北纬 40°—45°，东经 120°—111° 间，包括内蒙大部，山西大部及河北北部等地区，相当于气候区划中的蒙中区。该区年降雨量为 350—450 mm 左右，全年日照时数为 2800—3000 小时，适于草地螟的生长季为 30—40 候左右，积温为 1000—1500 日度。草地螟在该区年生不完全的 3 个世代，少数年份发生 2 代或 3 代。由于地形复杂，不同环境的小气候变化很大，世代重迭较为明显。草地螟在该区的发生为害时期为 5—9 月，主要为害世代是第一代，但有的年份二代在山区为害也相当严重。老熟幼虫于 9 月入土越冬。越冬地区、范围、面积及虫口密度等均较大。越冬场所主要是二代为害严重的田块，但在田埂、荒坡甚至海拔 1500m 的高山也可越冬。该区是我国草地螟

表 4 草地螟在我国各地的有效发育积温及可能发生的世代 *

地 点	纬 度	经 度	理论发生世代数目						估计发生世代数
			K_1	G_1	K_2	G_2	K_3	G_3	
海拉尔	49°13′	119°45′	768.8	1.4	790.8	1.5	746.8	1.4	1
阿勒泰	47°44′	88°05′	1226.0	2.3	1287.2	2.4	1164.8	2.2	2
齐齐哈尔	47°23′	123°55′	1211.3	2.3	1272.5	2.4	1150.1	2.2	2
哈尔滨	45°41′	126°37′	1229.7	2.3	1290.9	2.4	1168.5	2.2	2
锡林浩特	43°57′	116°04′	969.7	1.8	1021.7	1.9	917.7	1.7	2
乌鲁木齐	43°47′	87°37′	1447.9	2.7	1510.1	2.8	1385.7	2.6	2—3
长春	43°45′	125°13′	1284.8	2.4	1346.0	2.5	1223.6	2.3	2—3
二连浩特	43°39′	112°00′	1199.8	2.3	1255.8	2.4	1143.8	2.2	2—3
沈阳	41°46′	123°13′	1574.5	3.0	1673.7	3.2	1475.3	2.8	2—3
朝阳	41°33′	120°17′	1661.9	3.1	1734.7	3.3	1593.1	3.0	3
承德	40°58′	117°56′	1678.1	3.2	1753.3	3.3	1602.9	3.0	3
呼和浩特	40°49′	111°41′	1189.8	2.2	1255.0	2.4	1124.6	2.1	2—3
张家口	40°47′	114°53′	1453.3	2.7	1522.5	2.9	1384.1	2.6	3
敦煌	40°09′	91°41′	1703.4	3.2	1776.6	3.3	1630.2	3.1	3
大同	40°06′	113°20′	1200.8	2.3	1266.0	2.4	1134.8	2.1	2—3
北京	39°48′	116°28′	2002.4	3.8	2088.0	3.9	1916.8	3.6	3—4
银川	38°29′	106°13′	1474.4	2.8	1543.6	2.9	1405.2	2.6	3
榆林	38°14′	109°42′	1445.2	2.7	1516.4	2.9	1374.0	2.6	3
石家庄	38°02′	114°25′	2237.0	4.2	2322.2	4.4	2151.8	4.1	4
太原	37°47′	112°33′	1539.5	2.9	1613.7	3.0	1465.3	2.8	3
延安	36°36′	109°30′	1452.8	2.7	1526.0	2.9	1374.0	2.6	3
兰州	36°03′	103°53′	1392.3	2.6	1465.5	2.8	1319.1	2.5	3
天水	34°35′	105°45′	1461.6	2.8	1547.0	2.9	1376.0	2.5	3
西安	34°18′	108°52′	2145.9	4.0	2231.5	4.2	2063.3	3.9	4

*K_1、K_2 和 K_3 分别为当地平均、最大和最小有效发育积温总和，G_1、G_2 和 G_3 分别为当地平均、最大和最小发生世代数目。

的主要越冬地区和来年为害的主要虫源地。

重为害区：指北纬 41—47°，东经 130—120° 的东北平原，主要包括黑龙江，吉林以及辽宁西北部的黑土带和栗钙土带地区，相当于气候区中的康东区。该区年降雨量为 400—700mm 左右，生产季为 30—35 候，积温约在 1200—1500 日度之间，全年日照时数为 2500—2700 小时。草地螟在该区年生不完全 3 代，少数年份发生 2 代或 3 代。为害时期为 6—9 月。主要为害世代也是第一代。第二代一般为害很轻或者不为害。该区气候适宜、雨量适中，土壤肥沃，作物较单一，草地螟一旦发生，便可造成严重为害。但是，由于 7、8 月的气温较高，一代成虫不孕现象较为明显，这是 2 代为害轻的主要原因之一。在一般年份，该区查不到草地螟的越冬茧。在大发生年份可以查到，但面积、范围和密度均很小，不是来年为害世代的主要虫源。

轻为害区：大致为北纬 34°—45°，东经 85°—110° 地度，主要包括宁夏、甘肃和陕西的大部分地区和新疆的部分地区，相当于气候区划中的蒙甘区和康富区。该区年降雨量为 100—400mm 左右，全年日照时数为 2000—3000 小时，适于草地螟的生长季为 32—42 候左右，积温为 1000—1500 日度。草地螟在该区的发生为害时期也为 5—9 月。除个别

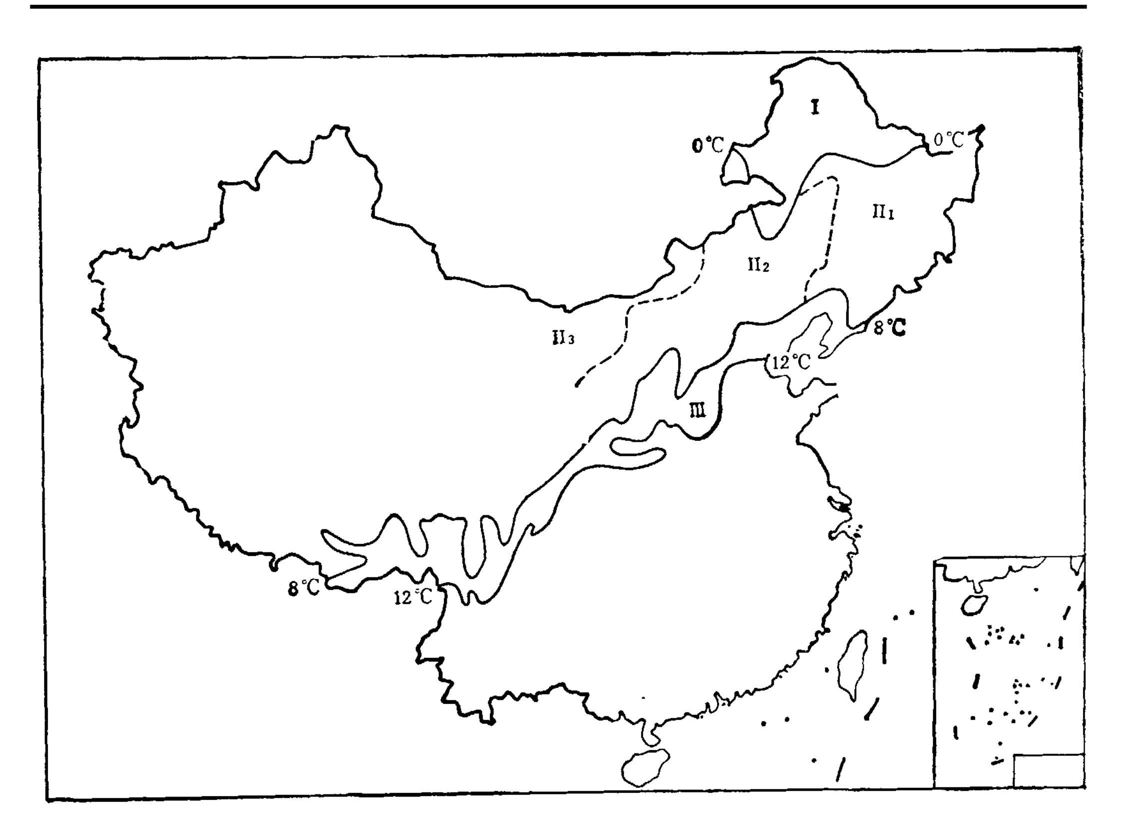


图 1　草地螟发生世代区划图

I：1 代区　II：2—3 代区　II_1：重发区　II_2：一般为害区　II_3：轻为害区　III：3—4 代区

表 5　哈尔滨地区 1978—1983 年草地螟积温及世代数目的变化*

年　份	理论发生世代数目						实际发生世代数目**
	K	G	K_1	G_1	K_2	G_2	
1978	1303.9	2.5	1365.1	2.6	1242.7	2.3	—
1979	1268.4	2.4	1333.6	2.5	1203.2	2.3	2
1980	1229.6	2.3	1290.8	2.4	1168.4	2.2	2+
1981	1322.1	2.5	1387.3	2.6	1256.9	2.4	—
1982	1416.2	2.7	1481.4	2.8	1351.0	2.6	3
1983	1126.3	2.1	1189.5	2.2	1063.1	2.0	2

* K、K_1 和 K_2 为草地螟的平均、最大和最小有效积温(日度)，G、G_1 和 G_2 为相应的理论发生世代数目。

** 据黑龙江省农科院植保所的资料。

年份，草地螟的为害不如上述两区严重。此外，由于该区的地形复杂，不同环境的小气候变化较大，草地螟的局部世代也很明显，在宁夏的银川，每年可发生 3 代，陕西榆林年生不完全 3 代，甘肃的兰州、天水等地也可发生 3 代。在新疆的阿勒泰地区，1983 年有草地螟严重为害苜蓿的报道。

3—4 代区：指年等温线 8℃以南到 12℃以北的地区，主要包括北京、天津、以及河北、山西和陕西等省的南部地区。该区年降雨量为 500—5000mm 左右，日照时数为 2700—2800 小时，适于草地螟的生长季为 40—47 候，积温等于或超过 2000 日度。草地螟在该

区年生 3—4 代，也为草地螟的轻为害区，即有分布，有为害，但不严重，很少需要防治。若有为害也是第一代。该区越冬代成虫始见于 5 月初，末代于 10 月初消失，尚未见到有越冬幼虫的报道。

此外，在年等温线 12℃以南到长江流域的广阔地区，草地螟也有分布。但因受高温高湿的影响，种群数量从未达到造成为害损失的程度，故没区划在内。

关于草地螟在各个区域中的发生世代数目与发生为害时期并不是固定不变的，主要取决于气温的变化。如哈尔滨地区 1978—1983 年，年度间的气温不同，草地螟的有效发育积温与发生世代数目也随之发生变化（表 5）。

讨 论

前人的研究结果(林昌善等，1958；阳惠霖等，1959；林郁等，1959)证明，有效积温法则在原则上是成立的，它基本上反映了昆虫在一定温度下发育所需要的有效积温为一常数。因此，可以应用积温法则来预测昆虫在各地区的发生世代数目，昆虫各虫态的发生期等。此项研究的结果也均已证明，利用积温法则推算的草地螟发生世代数目与实际发生世代数目也趋于一致。如对哈尔滨地区连续 6 年的理论发生世代与实际发生世代数目的比较，证明草地螟的积温是可靠的。这样，以积温为主要依据的草地螟发生世代区不仅在理论上是可以理解的，而且从目前所掌握的有关生活史的实际资料来看，也是基本相符的。但是，在探讨这些问题时，应该考虑积温法则在具体应用上的局限性。首先，我们应用的气候资料是以月平均温度来计算的，这和实际的温度变化会有一定的差异。其次，草地螟是一种具有滞育特性的昆虫，每年以滞育的老熟幼虫越冬。这样，当温度达到发育起点时，滞育是否已经结束，进入越冬时积温剩余多少以及每个世代是否都有滞育幼虫以及比例大小等都会直接影响到当年的世代发生数目和发生为害时期。此外，草地螟的生长发育除了受温度的影响外，还受食料和湿度的影响(作者，没发表)。因此，我们作出的草地螟世代区划还有待于进一步的检验和修正。

参 考 文 献

林昌善、郑臻良 1958 有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的检验。昆虫学报 8:41—56。

林郁、祝兆麟、胡家骐、柏思文、叶正楚 1959 三化螟有效积温的研究 I. 各虫期的发育零点和其有效积温。昆虫学报 9:423—35。

阳惠霖、姚光富、张天闻、方正 1959 一字纹稻苞虫研究 I. 有效积温检验。昆虫学报 9:137—48。

Goryshin, N. I., A. H. Saulich, T. A. Volkovitch & M. A. Abdel-Hamid. 1980 The role of temperature and photoperiod in regulation of development and diapause of the meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.), *Zoologicheskii Zhurnal*, 59: 533—45.

Hondru, N., F. Burlacu & G. Margarit. 1977 Contributions to the ecological and morph-biometric study of the meadow moth (*Loxostege sticticalis* L. ——Lepidoptera, Pyralidae), *Analele Institutului de Cercetari Pentru Protectia Plantelor*, 12:173—85.

THE THRESHOLD TEMPERATURE, THERMAL CONSTANT AND DIVISION OF GENERATION REGIONS OF MEADOW MOTH (*LOXOSTEGE STICTICALIS* L.) IN CHINA

Luo Li-zhi　　Li Guang-bo

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094)

The threshold temperature and thermal constant of various stages of the meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.) were determined in the laboratory. The threshold temperatures for egg, larva, pupa, adult and whole generation were 14.3°C, 12.7°C, 11.6°C, and 10.5°C, and thermal constants for them were 30.5, 190.7, 158.3, 96.7 and 531.2 day-degrees, respectively. Although the calculated values of threshold temperature were somewhat different from the values actually measured, the number of predicted generation based on above results were consistent with those actually observed in various geographic regions in China.

According to the computation of thermal constants, the generation number of meadow moth occurred annually appeared decreasing with the increasing of latitude. There was annually 1 generation in the areas northern to the annual isotherm line of 0°C, 2—3 generations to 0—8°C, and 3—4 generations to 8—12°C. Analysis of population dynamics of the meadow moth in various regions revealed that this insect caused damage mostly in the 2—3 generation region by the first generation occurring from May to July.

Key words　*Loxostege sticticalis*——threshold temperature——thermal constant——generation.